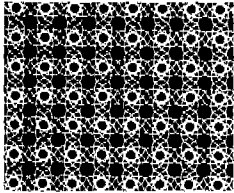




新時代의 메모리 技術展望

The Prospect of Memory Technology in the New Age



이 근 철

대한전기협회지 편수위원·공학박사

1. 우리나라의 반도체산업

우리나라의 반도체산업은 세계 선진국들과 치열한 경쟁을 벌여가며 획기적인 발전의 지평을 열어가고 있다.

흔히 산업의 쌀이라고 불리는 반도체 가운데서도 최첨단의 제품인 4MD 램(Megabit Dynamic Random Access Memory)이 최근 우리나라 기술진들에 의해서 성공적으로 개발되었다.

즉 삼성반도체, 금성반도체, 현대전자에서는 한국전자통신연구소와 공동으로 4MD 램 반도체의 회로설계 및 공정기술을 개발하는 데 성공하였다.

1MD 램이라고 하면 신문 4페이지 분량을, 4MD 램은 16페이지분을 기억한다.

메모리중 RAM은 정보의 기록과 호출이 자유로운 형태로 D 램은 정보를 축적기구조에 전기신호의 형태로 축적한다. 축적기구(콘덴서)로부터 전기가 흘러버릴 염려가 있는만큼 항상 정보를 다시 입력하는 기억유지작동(리플래시)이 필요하다.

D 램은 수시로 변하는 정보를 일시적으로 기억시켜 두는 데 적합하므로 범용 컴퓨터나 퍼스

컴 메모리가 주로 사용된다. 최근에는 화상처리나 로봇 등의 데이터 메모리로도 이용되고 있다.

일본의 주요 반도체 메이커는 대부분이 D 램을 전략상품으로 하고 있으며 현대시장의 주류인 2백56K D 램은 세계의 90%가 일본제인 것으로 알려져 있다.

그러나 초기의 D 램을 리드한 것은 미국제 Intel의 1KD 램이 D 램역사의 시작이다.

4MD 램 반도체는 가로 6.5mm에 세로 18mm의 실리콘 기석위에 4 단계나 되는 소자를 심는 현미경적인 섬세한 제품이다.

회로선폭(線幅)도 0.8 μ (1미크론은 1천분의 1mm)이며 제조공정도 최선의 첨단 초정밀 기술이 망라된 것이다.

새끼손톱 크기의 칩 하나에 신문 32페이지 분량의 정보를 기억시킬 수 있고 기억처리 용량은 1MD 램의 4배인 알파벳 51만 2천자에 이르는 막강한 위력을 지니고 있다.

오늘날 반도체는 컴퓨터와 통신은 물론 로봇과 가전제품에 이르기까지 광범위한 분야에서 혁신적인 변화를 주도하고 있다.

특히 다음 세대의 기억소자인 4MD 램은 컴퓨터의 대용량기억장치로는 물론 보조기억장치의

매체와 음성 및 화상기록장치 등으로 다양하게 활용될 수 있다.

이처럼 4MD 램은 초정밀 고밀도를 요하는 첨단제품이기 때문에 현재 일본의 도시바·히다찌 등과 미국의 TI, IBM 등 7~8개 업체에서만 개발에 성공해 상품화를 추진하고 있는 첨단제품이다.

내년쯤 우리도 산업시설을 갖추고 본격적인 생산 판매단계에 들어가면 우리는 미·일과의 개발격차를 불과 1년 정도로 단축하고 세계 3위의 반도체 생산국의 자리를 굳히게 되는 것이다.

우리 국내의 반도체산업은 삼성반도체 통신이 지난 '83년 64KD램과 '84년에는 2백56KD램을 개발한데 이어 '86년에는 1MD를 개발하였고, 금성반도체에서도 2백56KS램을 국산화하는데 성공하여 세계를 놀라게 했다.

그런데 이번에 다시 반도체의 최첨단인 4MD램 개발에 성공함으로써 우리는 반도체 생산 선진국의 자리에 성큼 다가선 것이다.

오늘날 각광을 받고 있는 전자공업의 핵심은 반도체에 있다.

그리고 반도체기술을 장악하는 나라가 세계를 지배한다는 말이 있듯이 4MD램의 개발성공은 미래의 정보화사회를 열어가는 우리 경제와 산업의 획기적인 발전을 뜻하는 경사가 아닐 수 없다.

2. 블로흐 라인 메모리

외부기억장치인 플로피 디스크나 하드 디스크 등의 자기적인 기억장치는 컴퓨터뿐만 아니라 모든 정보기기에 필수 불가결한 것이다.

여기에 곧 광자디스크도 포함될 것이라고 한다.

이들 기억매체는 어떠한 경우라도 기본적으로 자성막(磁性膜)이라는 성격을 가진다.

현재 미국, 일본, 영국, 서독 등에서 연구가 진행되고 있는 약 1백배 이상의 고밀도 자기기록이 가능한 블로흐(Bloch) 라인 메모리(磁性 固体記憶素子)가 시험제작되어 블로흐 라인의 기록과 전송 및 검출실험에 성공하였다 한다.

블로흐 라인의 구조를 보면 그림 1에 표시한 것과 같이 원자단계의 자석(스핀이라고도 한다)이 질서 정연하게 늘어서 있다.

중앙의 왼쪽 영역에서는 스핀이 모두 위쪽을 향하여 있고 오른쪽 영역은 모두 아래쪽을 향하고 있다.

이러한 영역을 자구(磁區)라고 한다. 그림 1에는 2개의 자구가 있는 셈이고 이 두개의 자구의 경계를 자벽(磁壁)이라고 한다. 자벽에는 그림 2에 확대해서 나타낸 것처럼 스핀이 천천히 1백80도 방향을 바꾼다.

자벽은 대개 일정한 두께를 가지고 있는데, 두께는 약 1천Å 정도이다. 스핀 사이에는 서로 뒹 수 있는 한 평행이 되려고 하는 변환력이라 불리는 상호작용이 있어 자벽내에서 천천히 회전해 간다.

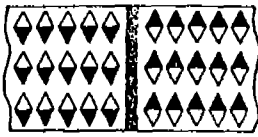
스핀은 그림 2에서 표시하는 것과 반대방향에는 우회전과 좌회전이 있다.

만약 이 두 방향의 회전이 같은 자벽안에서 일어나면 그림 3처럼 된다.

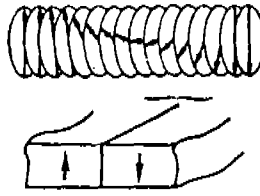
그림 3은 간단하게 자벽 중앙부의 스핀의 방향만을 나타낸 것으로, 자벽내 두개의 영역 사이에 새로이 변화된 선모양의 영역이 생긴다.

이 새로운 영역을 블로흐 라인이라고 하며 자벽을 따라 생긴 블로흐 라인의 두께는 자벽과 비슷한 1천Å 정도가 된다. 그림 4는 스핀이 막의 표면에 수직의 방향으로 만든 등근 버블 자구와 이것이 가늘고 길게 뻗은 스트라이프 자구를 표시하고 있다.

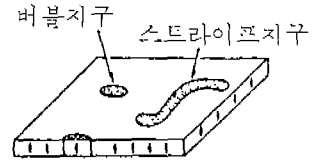
자성기억장치에는 이러한 자구의 유무를 「0」 「1」로 대응시켜 기록한다.



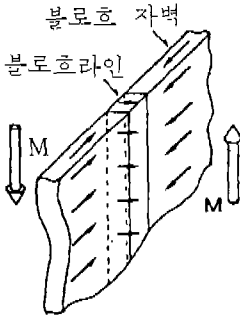
〈그림 1〉 원자 자석과 磁區



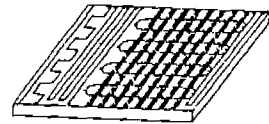
〈그림 2〉 磁國와 磁壁



〈그림 4〉 버블지구와 스트라이프 지구



〈그림 3〉 블로흐자벽과 블로흐라인



〈그림 5〉 블로흐라인 메모리개념도

기억매체로서의 자성막 성질은 자기 기록이나 광장기기록에서 각각 차이가 나는데 지구를 기억의 담당체로 삼는 점은 공통이 된다.

그림 4에서 표시된 바와 같이 버블 자구를 둘러싼 블로흐 자벽중에는 1백개 정도의 블로흐라인을 가진 것도 있다는 사실이 이전부터 잘 알려져 있다.

만약 자구의 유무가 아니라 블로흐 라인의 유무로 1과 0을 기억할 수 있다면 기억밀도를 획기적으로 높일 수 있다. 블로흐 라인 메모리의 구상은 이러한 기대에서 탄생한 것이다.

블로흐 라인을 메모리에 응용하는 데는 블로흐 라인 생성, 소거, 전기신호로의 변환, 자벽대의 블로흐 라인을 이동시키는 기술 등을 개발해야 될 것이다.

자벽대의 블로흐 라인을 이동시키는 기술은 전기적으로 작동하는 고체소자의 실현을 위해서 필요하다.

이 네가지 조건중에서 가장 이루기 어려운 것

은 변환하는 기술이다. 블로흐라인이 너무 작기 때문에 그 유무를 직접 전기신호로 바꿀 수 없기 때문이다.

기본적인 원리가 분명히 정립되었는데도 실제로 단결성의 자성막에서 이들 4가지의 작동을 실현하기가 곤란한 것도 바로 이러한 단점 때문이다.

이러한 곤란의 원인은 우선 블로흐 라인이 직접적으로는 보이지 않는데 있다. 그러나 메모리 형성을 위해서는 블로흐 라인의 위치를 정밀하게 제어할 필요가 있다.

이를 위해 일본 히다찌 중앙연구소 팀은 우선 계산기에 의한 모의실험(시뮬레이션)을 하는 기술확립에 주력했다.

4년이 지난 현재는 자벽과 블로흐 라인의 작동을 정확히 시뮬레이션으로 행할 수 있게 되었다고 한다.

또한 기술적으로 많은 타당성을 신속하게 확인해 왔다.

즉, 계산기 시뮬레이션과 이것을 실증하는 기초실험으로 기억소자로서의 기본구성 원리를 착실히 규명해 왔다.

블로흐 라인 메모리의 개념은 그림 5와 같다. 칩의 재료는 GGG(가드륨 갈륨가베트) 기판 위에 성장시킨 자성 가베트 막으로서 1cm 정도의 크기를 가지고 있다.

그림에서는 4개의 자구만을 표시했으나 실제로는 스트라이프 자구를 1개에서 1만개 정도 평행으로 늘어 놓고 그 자벽속에 블로흐 라인을 넣는다.

칩 위에는 블로흐 라인을 발생, 소거, 검출하기 위한 도체 루프와 지그재그 현상의 도체를 설치한다.

그림 5에서 긴 점으로 어둡게 표시한 부분은 블로흐 라인에 대해서 주기적으로 안정화 위치를 만들어주기 위한 패턴을 나타내고 있다.

이 주기는 비트주기와 같아 2~0.2μ 정도 된다.

이것과 스트라이프 주기를 합해서 생각한다면 1cm당 10MB에서 1천MB 밀도가 된다.

이때 블로흐 라인을 자벽에 따라 이동시키는데 코일이 필요하고 또 이와는 별도로 막의 수직으로 직류자계를 가해야 하기 때문에 패키징이 복잡해진다.

이상과 같은 칩 구성의 구상이 최근 비로소 완성되어 현재 단계적으로 시험제작과 평가가 진행되고 있다.

현재는 블로흐 라인의 기록, 소거, 검출에 대해서 기술적인 방법이 확립되고 있다.

앞으로 남은 문제중 가장 큰 것은 블로흐 라인의 전송이다.

이 전송방식에 대해서는 현재 전류구동방식과 자계(磁界) 구동방식이 제안되고 있다.

전류구동방식은 지난 '85년 NEC 마이크로อิเล็กทรอนิกส์연구소에서 방식전용에 성공했고

이번에 히다찌중앙연구소에서도 이 방식을 사용했다.

그러나 이 방식은 칩위의 전력소비가 너무커서 실용적이 못된다고 한다.

따라서 펄스 자계를 가함으로써 블로흐 라인을 전송하는 자계구동방식의 확립이 최대 과제로 구상되고 있다.

이 점을 실현하는 데 성공하면 적어도 연구실 단계에서는 비교적 빠른 시기에 기억소자형태의 시험제작물을 완성할 수 있을 것으로 기대된다.

그 다음에는 양산기술과 다른 메모리와의 경쟁이 문제가 되는데, 이것은 아직 시기상조라고 연구자들은 입을 모은다.

그러나 응용을 논하기 어려운 현상에서도 하드디스크의 고체화는 비교적 빠르게 이루어질 수도 있다고 한다.

한편 블로흐 라인 메모리에 대한 연구는 미국, 일본, 서독, 영국, 프랑스의 일반업체 및 대학에서 행해지고 있으며 작년에는 중공도 이 연구에 참여했다.

그러나 대부분 연구그룹의 규모가 작아 블로흐 라인 메모리의 연구발전을 위해 보다 규모가 크고 강력한 연구발전 연구기관의 설립이 절실하게 요청된다.

3. 자기 버블 메모리

최근 정보공학의 하드웨어로서 자기(磁氣) 버블(Magnetic Bubble)이란 용어가 등장하게 되었다.

버블이란 액체중에 존재하는 기포로서 열대어의 항온조(恒溫槽) 중에서 볼 수 있다. 그러나 본고에서 취급하는 자기 버블은 본래 기포와는 관계가 없으나 겉모양이 비슷하므로 이러한 명칭을 가지고 있다.

즉 자기 버블은 특수한 자성체중에 존재하는

직경 1~100 μm 정도의 독립자구(Magnetic Domain)인 메모리로서 1bit의 정보를 축적하기 때문에 한 장소에 남아 있는 것이 보통이며 이것을 이용하여 논리작용을 행할 수 있다.

자기 버블을 정의하면 희토류(稀土類) 오도페라이트(Orthoferrite)나 가네트(Garnet)와 같은 수직자 화막에 나타나는 원통상 자구(磁區)라고 말할 수 있으며 이것은 IC 메모리 보다 저속도이지만 디스크 보다는 고속도로서 가격이 크게 저하되면 버블의 응용은 크게 부상될 것으로 전망되고 있다.

자기 버블의 발전을 보면 1940년대 Forestier J. W씨가 희토류 Orthoferrite에 대해서 자기적 성질을 보고했으나 그후 여러 사람에 의해서 자기적 결정학적 측정을 행한 결과 자기 모멘트가 적고 자기이방성(磁氣異方性)이 큰 결정박편은 자화가 판면(板面)과 수직으로 존재하는 것을 명확히 하였다. 또한 투명물질이라는 점에서 Faraday 효과(투과시 편광면이 회전하는 효과)를 이용하여 자구구조의 관측이 편리하다는 것을 알았다.

그후 '67년 Bell Telephone 연구소의 Bobeck A.H씨는 특수한 사방전계(斜方晶系)(Orthorhombic)의 단결정막이 비교적 자발자화(自發磁化)를 갖기 때문에 막면에 수직으로 발생한 자화가 외부자계에 의해서 에너지 평행을 잃고 자구의 패턴을 쉽게 바꾸며 원형자구(Bubble)를 외부로부터 조절하기 쉽고 각종 기능에 응용할 수 있다고 하였다.

한편 자기 버블을 반도체들 중심으로 한 일렉트로닉스와 비교하면 다음과 같은 특이한 성질을 가지고 있다.

첫째, 불휘발성(전원이 끊겨도 기억된 것이 없어지지 않고 그대로 보존되는 것)과 원격제어성(Remote Control)이 있으며 자기 버블은 바이어스 자계가 강한 곳에 기물이 발생하나 바

어스 자계가 약한 방향으로 이동한다는 것이다.

또한 과거에는 정보전송로에 있어서 전기적 접속이 없이 정보를 전송할 수 없었으나 자기 버블은 전기적 접속없이 제어 에너지를 전체 자기 버블에 공통적으로 부여하는 수단을 주고 있다.

둘째, 자기 버블은 외부에서 전력을 공급하지 않아도 자기형상에 발생된 변형을 항상 제거해서 일정한 현상으로 유지하는 자기성형 작용을 갖고 있다.

이것은 신경에 전파되는 전압 펄스파형을 항상 일정한 현상으로 형성하면서 전파하는 것과 비슷하다.

신경 펄스의 경우에는 자기성형 작용을 위해서 에너지의 소비를 수반하며 또한 신경의 전기적 시뮬레이션 회로에서도 전기적 에너지 소비가 없이 자기성형을 할 수가 있다.

셋째, 버블 상호작용에 있어서 자기 버블군이 접근하면 거리의 4승에 역비례하는 강한 반발력이 발생된다.

그리고 온도 기울기, 기계적 왜곡의 기울기 및 전류가 만드는 국부자계 등도 자기 버블에 힘을 준다.

따라서 여러가지 물리량에 의해서 각종 작용 관계를 설정할 수 있다.

넷째, 버블의 발생과 소멸을 임의로 제어할 수 있고 비보존형의 논리회로 구성이 가능하다.

또한 형상의 다양성은 바이어스 자계의 크기를 변경시키며 버블의 직경을 변환시킬 수 있고 가늘고 긴 줄무늬가 있는 자구에 신장시킬 수 있다.

다섯째, 광의 상호작용에 있어서 직선 평평을 버블용 자성막에 입사시키면 자화방향의 정부에 대응해서 편광면의 회전방향이 반전된다.

따라서 이러한 광을 편광관을 통하여 관찰하면 자기버블의 내외 밝기가 변경되는 것을 관찰할 수 있는데, 이러한 성질은 디스플레이, 검출

및 광의 창으로 이용될 수 있다.

4. 버블 메모리의 설계

버블 메모리 제작에서는 다음과 같은 두가지 설계방식이 있다.

첫번째 방법은 비교적 간단한 것으로, 고리에 끼워진 것처럼 아주 긴 레지스터(Register)의 직렬구조로서 이러한 구조는 두가지 단점을 갖고 있다.

한가지는 자기 베이프와 마찬가지로 정보의 호출시간이 아주 긴 것이라고 볼 수 있고 또 하나는 이런 종류의 메모리 제작상의 불완전성으로부터 발생하는 문제로 모든 데이터가 직렬로 기억되게 되므로 그 메모리 연쇄중에 단 한개의 결함이 있어도 사용이 불가능하게 된다.

따라서 이러한 구조를 가진 메모리를 생산하려면 그 공정의 충실도가 아주 높아야 되고 결국 이 방법은 잘 사용되지 않는다.

가장 잘 사용되는 방법은 직렬-병렬-직렬 구조이다. 이 구조에서는 데이터가 이동할 수 있는 주된 루프가 위치함으로써 실제로 데이터가 주된 루프와 2차 루프 사이를 왕복할 수 있도록 되어 있다.

이 주된 루프는 2차 루프 상의 데이터들을 읽거나 쓸 때에 서터(조리개)의 역할을 한다.

데이터들은 주 또는 2차 루프 상에서 모두 직렬로 배열되게 되지만 그들 사이의 이동은 병렬로 배열되기 때문에 직렬-병렬-직렬이란 이름이 붙여졌다.

위에서 언급한 바와 같이 회전자계의 매번 회전마다 버블은 루프 내에서 한 구간 이동함으로써 동기 이송 레지스터로 볼 수 있다.

정보를 저장하기 위해서는 직렬로 된 데이터가 자계가 한번 회전할 때마다 한 비트씩 주 루프에 보내진다.

이들 데이터의 비트가 각각 지정된 윈도우에 이르면 모든 윈도우 상을 가로질러 위치해 있는 마이크로 회로에 강한 임펄스가 흘러서 이 전류가 발생시키는 순시 자계에 의해 각각의 윈도우에 있는 버블들의 이동방향을 2차 루프로 향하도록 한다.

따라서 데이터를 저장하기 전에 반드시 메모리를 깨끗이 지워야 하므로 주 루프에 버블 제거기를 두어 이를 수행한다.

한편 정보를 읽어내는 과정을 보면 다음과 같다.

먼저 2차 루프에 저장되어 있는 데이터가 각각의 윈도우에 나타낼 때를 기다린 다음 주된 루프로 이동하는 명령을 보낸다.

그러면 이 데이터들은 주된 루프를 돌면서 복사기에서 한 비트씩 읽혀지게 되고 읽혀진 후의 데이터는 다시 주된 루프를 돌아 원래의 위치로 돌아와 메모리가 원래의 데이터를 계속 유지시킬 수 있도록 한다.

복사기에서 복제된 각각의 비트는 일단 증폭이 되어 자기저항 검출기에 보내진다.

버블의 존재 유무는 검출기의 저항의 증감에 의해 검출될 수 있다.

즉, 버블이 있으면 저항이 감소하여 그를 흐르는 전류가 증가하게 되는데 이와 같이 얻어진 신호는 전송되기 전에 증폭을 거쳐 파형정형이 된 다음 읽고 쓰기의 논리시스템에 보내지게 된다.

이러한 구조는 자기 디스크와 흡사한 면이 있다.

5. 자기 버블의 응용

자기 버블 도메인(Domain) 기술은 여러가지 응용면에서 주목되고 있으나 중요한 것은 자기 버블 신호를 페 루프 내에 저장하여 필요하면

이것을 이동시켜서 검출기에 의한 전기신호로서 읽어내는 대용량 버블 메모리이다.

이것은 기억매체가 회전하는 자기 드럼이나 자기 디스크 방식과 비슷하나 버블메모리는 기억매체로 이동하지 않고 기억된 정보만이 이동하는 것으로 고속도 회전부가 없어 고장이 적고 신뢰도가 높은 것이 특징이다.

자기 버블 직경은 현재까지 4~6 μ m로서 장래 1 μ m 이하로 될 수 있는 전망이 있으며 디스크나 드럼에 비하여 치수는 1/10~1/100 이하로 할 수 있어 금후 전자계산기의 초소형화가 기대되고 있다.

또한 자기공학(磁區工學)과 관련하여 정보처리의 표시소자나 패턴 회전 등이 제정되고 있다.

그러나 자벽(磁壁)의 이동도가 큰 점으로 볼 때 주 메모리 보다 보조 메모리로서 적합하여 자기 드럼이나 자기 디스크 대신으로 생각되고 있으며 순환 메모리로서 기계적 고속회전을 필요로 하지 않는 장점을 가지고 있다.

비트 밀도가 크지 않은 점을 고려하면 종래부터 부족한 호출시간 1ms~1 μ s 용량 $10^6\sim 10^8$ 비트의 영역을 커버하는데 주력하고 있으며 전체 동작을 고속도로 하기 위하여 여러가지 연구가 수행되고 있다.

6. 버블 메모리 시장의 전망

1970년대에 Intel社가 처음으로 자기 버블 메모리를 도입하였을 때는 고 신뢰성, 내 오염성, 내 충격성의 면에서 회전식 자기 디스크 장치를 대신한다고 기대하였다. 그러나 버블 메모리는 당초 기대했던 바와 같이 용도가 광범위 하지 않고 위성통신, 공장자동화, 군사용 등 특히 신뢰성이 중요시되는 곳에 용도가 한정되어 있었다.

이와 같은 상황에 처해서 버블 메모리의 영업 전선에 혼란이 야기되었으며 한때는 업계의 최

대 메이커인 Intel사가 버블 메모리 일부를 최근 Mem Tech사(미 캘리포니아주 Folsom)에 매도하여 업계로 부터 퇴진하였으나 히다찌와 후지통신부품 및 Magnesy's의 각 회사들은 버블 메모리 개발에 적극적이었다.

한편 히다찌는 현재까지 버블 메모리에 대해서 최대의 메이커였으나 1975년에는 세계 최초로 16비트형을, 그리고 '84년에는 4M 비트형을 판매함으로써 '87년도에는 세계 전체에서 1억 3천 5백만 달러의 실적을 올렸다.

후지통신부품도 버블 메모리를 유망한 시장으로 평가하고 있으며 '87년도에는 민생용만으로 1천만 달러의 매상을 기대하였으나 시장규모는 폭발적이지 않고 단계적으로 증대할 것으로 예상하고 있다.

그런데 Magnesy's사의 사장인 T·Wuerthner씨는 버블 메모리는 단체부품(單位部品)으로서 판매되므로 가격이 높고 사용방법이 곤란하다고 지적하였다.

이로 인하여 동사에서는 3 1/2인치와 5 1/4인치형의 카세트식 메이터 카트리지에 내장해서 상품화 하였는데 이것은 소형 컴퓨터를 일체로 조립한 독서 양용의 서브 시스템으로서 디스크 장치와 동일한 인터 페이스를 이용해서 플러그를 교환하도록 되어 있다.

그러나 시장조사 전문기관은 International Data사(미 메사추세츠주 Framingham)의 부사장인 W·Eachmann씨는 말하기를 버블 메모리는 평판이 좋지 않으며 종래의 디스크 메모리와 CMOS의 진보에 기대를 건다고 하였다.

또한 히다찌 블로흐라인(Bloch Line)을 이용한 새로운 기술에서 1M 바이트를 실현하였는데 이 블로흐 라인의 기술이 실용단계에 들어갈 시기는 '90년대 이후로 전망하고 있으며 이것이 실용화되면 가격은 크게 저하되어 누구나 이용할 수 있는 소자가 될 것이라고 전망하고 있다.